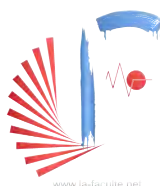
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful






Chapitre 4: Conducteur électrique et charges réparties.

4.1 Généralités : À l'inverse de la théorie des charges ponctuelles ou l'on suppose que toutes les charges élémentaires sont concentrées en un seul point (dans un seul atome), dans les conducteurs les charges se repartissent en tout points du corps. Dans ce cas on définit une densité de charge au lieu d'une charge ponctuelle.

4.2. **Définitions.**

4.2.1 **Conducteur et isolant:** Si les charges électriques peuvent se déplacer à l'intérieur du corps, ce corps est dit **conducteur.** Si non il est dit **isolant.**

4.2.2 **Densité de charge.** Selon la forme géométrique du corps électrisé on distingue trois types de densités charges réparties.

- Si le conducteur est de forme linéaire (fil électrique), la charge se répartie sur toute la longueur du fil. λ est appelée densité de charge linéaire. $\lambda = \frac{Q}{L} \left[\frac{C}{m}\right]$
- Si le conducteur est de forme aplatie, la charge se répartie sur toute la surface du corps. S est la surface du conducteur. $\sigma = \frac{Q}{S}\left[\frac{C}{m^2}\right]$ σ est appelée densité de charge surfacique.
- Si le conducteur est de forme quelconque, la charge se répartie sur tout le volume du corps. , ρ est appelée densité de charge volumique. $\rho = \frac{Q}{Vol}\left[\frac{C}{m^3}\right]$

4.2.3 Conducteur en équilibre électrostatique. Un conducteur est dit en équilibre électrostatique si toutes les charges électriques sont immobiles.

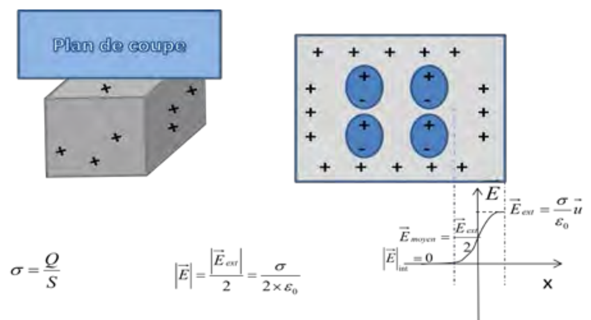
4.3. Propriétés des conducteurs en équilibres. Un conducteur en équilibre électrostatique possède trois propriétés:

- Les charges électriques sont toujours immobiles, elles sont réparties à la surface du conducteur.
- Le champ électrique à l'intérieur d'un conducteur en équilibre électrostatique est toujours nul.
- Le potentiel électrique en tous point de ce conducteur est constant.

4.3.1 **Évolution du champ électrique à la surface d'un conducteur en équilibre**.

Les charges électriques sont réparties à la surface du conducteur, c.-à-d. que les atomes de surface du conducteur seront ionisées et les atomes internes neutres.

4.3.2 Pression électrostatique. Elle est définie par:



$$P = \frac{|\vec{F}|}{S} = \frac{Q \times |\vec{E}|}{S}$$

Donc:

$$P = \frac{Q \times |\vec{E}|}{S} = \sigma \times \frac{\sigma}{2\times\varepsilon_0} = \frac{\sigma^2}{2\times\varepsilon_0}$$

4.3. Équilibre entre deux conducteurs mis en contact.

Á l'instant t=0, les charges des deux conducteurs sont Q_1, Q_2 et les potentiels électriques V_1,V_2.

La différence de potentiel ($V_1 \rangle V_2$), entre les deux conducteurs, génère un champ électrique externe orienté vers les potentiels décroissants.

Les charges électriques influencées par le champ externe seront soumises à l'influence d'une force électrique induite par ce champ. $\vec{F}_{q^+} et \vec{F}_{q^-}$

Á l'équilibre, les charges des deux conducteurs seront Q'$_1$, Q'$_2$ et les potentiels électriques V'$_1$,V'$_2$.

L'équilibre des deux conducteurs sera régie par deux équations:

- La charge totale des deux conducteurs reste constante entre les deux instants. $Q_1 + Q_2 = Q_1^{'} + Q_2^{'}$
- Le potentiel électrique des deux conducteurs deviendra constant $V_1^{'} = V_2^{'}$

4.3.1 Remarques:

- Dans le cas des **conducteurs solides** seules les charges négatives vont se déplacées.
- Alors que dans le cas des **électrolytes** on aura le déplacement des deux natures de charges.
- Dans le cas particulier d'un conducteur sphérique, la surface sera donnée par: $S_{sphere} = 4 \times \pi \times R^2$
- L'expression du potentiel électrique d'un conducteur sphérique sera donne par: $V_{sphere} = k\dfrac{Q}{R}$

4.4. Influence d'un conducteur en équilibre électrostatique sur le milieu externe.

4.4.1 champ électrique généré par une densité de charge, théorème de GAUSS.

L'expression du champ électrique produit par une densité de charge quelconque sera donnée par le théorème de **GAUSS.**

$$\vec{E} \bullet \vec{S}_G = \frac{\sum charges}{\varepsilon}$$

$\vec{E}$ Le champ électrique externe, produit par la densité de charge

S_G Surface de **GAUSS:** elle doit enveloppée toutes les charges influentes

4.4.2 Exemples de calcul de champ.

4.4.2.1 Cas d'une charge ponctuelle. Soit une charge ponctuelle Q$_A$, déterminons l'expression du champ électrique généré par celle-ci en un point M de l'espace.

La surface de **GAUSS**, elle doit passée par le point M et envelopper toute la charge. La surface de GAUSS est une sphère de rayon R=AM

$$\Rightarrow \left|\vec{E}\right| = \frac{1}{4 \times \pi \times R^2}\frac{Q_A}{\varepsilon_0} = \frac{1}{4 \times \pi \times \varepsilon_0}\frac{Q_A}{R^2}$$

4.4.2.2 Cas d'une densité de charge linéaire. Soit une charge répartie en tout point d'un fil électrique, déterminons l'expression du champ électrique généré par cette densité de charge en un point M de l'espace.

$$\left|\vec{E}\right| \times (2 \times \pi \times R \times L) = \frac{Q_{totale}}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \left|\vec{E}\right| = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times L}\frac{Q_A}{\varepsilon_0} = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times L}\frac{\lambda \times L}{\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \left|\vec{E}\right| = \frac{1}{2 \times \pi \times R} \times \frac{\lambda}{\varepsilon_0}$$

4.4.3 Champ électrique généré par une densité de charge surfacique.

Soit un plan infini de surface (S), chargé uniformément. L'expression du champ électrique généré par cette densité de charge surfacique sera calculée par le théorème de GAUSS.

$$\left|\vec{E}\right| \times S_G = \frac{Q_{tot}}{\varepsilon_0} \Rightarrow \left|\vec{E}\right| \times (2 \times S) = \frac{Q_{tot}}{\varepsilon_0} \Rightarrow \left|\vec{E}\right| = \frac{Q_{tot}}{2 \times S \times \varepsilon_0} \Rightarrow \quad \left|\vec{E}\right| = \frac{\sigma}{2 \times \varepsilon_0}$$

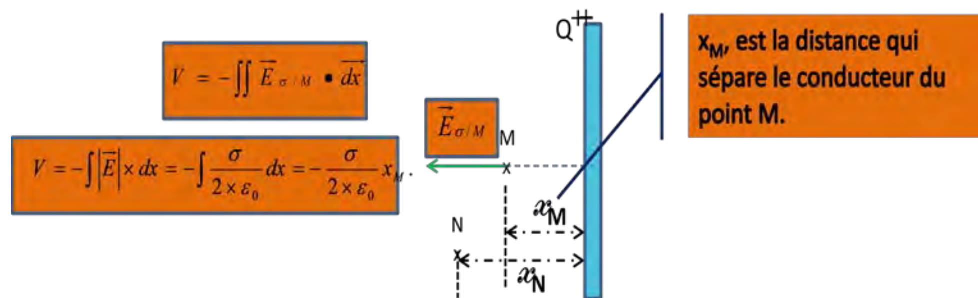
4.4.3.1 Remarques.

L'expression du module du champ électrique généré par une densité de charge surfacique plane sera donnée donc par: $\left|\vec{E}\right| = \frac{\sigma}{2 \times \varepsilon_0}$

- Si la densité de charge est positive, le sens du champ est sortant, sinon il est rentrant.
- Le module du champ électrique est uniforme, c.-à-d., indépendant de la distance x.

4.4.4 Potentiel électrique généré par une densité de charge surfacique.

L'expression du potentiel électrique généré par une densité de charge surfacique plane sera déduite de l'expression du champ électrique.

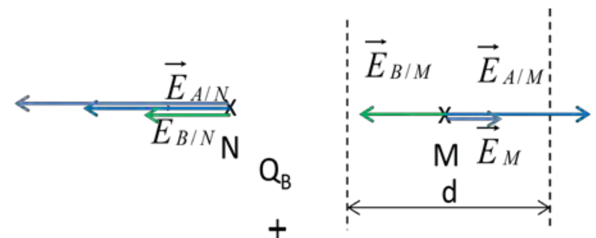


4.4.4.1 Différence de potentiel électrique généré par une densité de charge surfacique.

La différence de potentiel électrique entre deux points influencés par une densité de charge surfacique plane sera déduite par:

$$V = -\int_N^M \frac{\sigma}{2\times\varepsilon_0} dx = \left[-\frac{\sigma}{2\times\varepsilon_0} x_M\right] - \left[-\frac{\sigma}{2\times\varepsilon_0} x_N\right] \Rightarrow (V_M - V_N) = \frac{\sigma}{2\times\varepsilon_0}(x_N - x_M)$$

4.4.5 Assemblage de deux conducteurs plans chargés.



4.4.5.1 Conducteurs plans ayant la même nature de charge.

Le champ résultant au point M et la somme vectorielle des deux champs précédents.

$$|\vec{E}|_M = |\vec{E}|_{A/M} - |\vec{E}|_{B/M} \Rightarrow |\vec{E}|_M = \frac{\sigma_A - \sigma_B}{2\times\varepsilon_0}$$

4.4.5.1.2 Différence de Potentiel électrique produit entre les deux plaques.

La différence de potentiel entre les deux conducteurs peut être déduite à partir du champ au point M par:

$$(V_A - V_B) = \int_A^B |\vec{E}|_M dx \Rightarrow V_{AB} = \frac{\sigma_A - \sigma_B}{2\times\varepsilon_0}(x) = \frac{\sigma_A - \sigma_B}{2\times\varepsilon_0}(d)$$

densités de charges à l'extérieur d

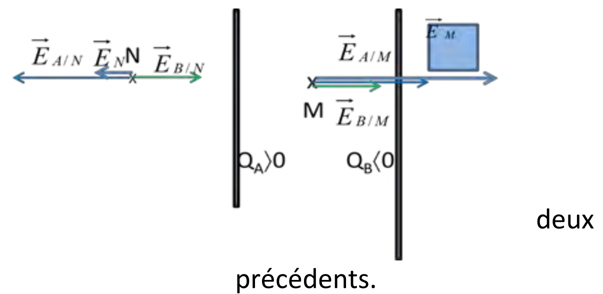
4.4.5.1.3 Champ électrique produit par les deux densités de charges à l'extérieur des deux plaques.

$$\vec{E}_N = \vec{E}_{A/N} + \vec{E}_{B/N}$$

$$donc \Rightarrow |\vec{E}|_N = |\vec{E}|_{A/N} + |\vec{E}|_{B/N} \Rightarrow |\vec{E}|_N = \frac{\sigma_A + \sigma_B}{2\times\varepsilon_0}$$

1.4.5.2 Conducteurs plans ayant des charges de natures différentes.

4.4.5.1.1 champ électrique produit entre les deux plaques.



Le champ résultant au point M et la somme vectorielle des deux champs précédents.

$$\left|\vec{E}\right|_M = \left|\vec{E}\right|_{A/M} + \left|\vec{E}\right|_{B/M} \Rightarrow \left|\vec{E}\right|_M = \frac{\sigma_A + \sigma_B}{2 \times \varepsilon_0}$$

4.4.5.1.3 Différence de

4.4.5.1.3 Différence de Potentiel électrique produit entre les deux plaques.

La différence de potentiel entre les deux conducteurs peut être déduite à partir du champ au point M par:

$$(V_A - V_B) = \int_A^B \left|\vec{E}\right|_M dx \Rightarrow V_{AB} = \frac{\sigma_A - \sigma_B}{2\times\varepsilon_0}(x) = \frac{\sigma_A - \sigma_B}{2\times\varepsilon_0}(d)$$

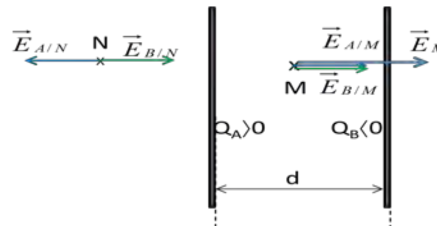
4.4.5.3 Cas particulier ou les charges sont égales mais de natures différentes.

Dans le cas particulier ou les conducteurs ont les mêmes surfaces, et portent des charges de natures différentes, on aura.

On a $S_A = S_B = S$, et $Q_A = - Q_B = Q$

a- champ résultant entre les conducteurs

$$\left|\vec{E}\right|_M = \left|\vec{E}\right|_{A/M} + \left|\vec{E}\right|_{B/M} \Rightarrow \left|\vec{E}\right|_M = \frac{\sigma + \sigma}{2\times\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$



b- champ résultant à l'extérieur des conducteurs

$$\left|\vec{E}\right|_N = \left|\vec{E}\right|_{A/N} - \left|\vec{E}\right|_{B/N} \Rightarrow \left|\vec{E}\right|_N = \frac{\sigma - \sigma}{2\times\varepsilon_0} = 0$$

c- Différence de potentiel.

Le potentiel électrique peut être calculé en intégrant l'expression du champ électrique. $(V) = \int \vec{E} \bullet \overrightarrow{dx}$

1.5 Condensateurs

4.5.1 Définition: l'assemblage de deux conducteurs en équilibre électrostatique de même surface, portant des charges égales, de natures différentes, et sous influence totale, définit un condensateur. Il est noté **C.**

4.5.2 Caractéristiques d'un condensateur.

4.5.2.1 Champ à l'intérieur d'un condensateur. Le champ électrique résultant à l'intérieur d'un condensateur est:

- ✓ uniforme, c.-à-d. constant en tout points.
- ✓ de module égal.
- ✓ Toujours orienté vers la borne négative.

4.5.2.2 Champ à l'extérieur d'un condensateur. Á l'extérieur d'un condensateur, le champ électrique est toujours nul.

4.5.2.3 Différence de potentiel entre les bornes d'un condensateur. Elle peut être calculée par:

$$(V_A - V_B) = V_C = \int_A^B \left|\vec{E}\right|_M dx \Rightarrow V_{AB} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \times (x_B - x_A) = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \times d.$$

4.5.2.4 Capacité propre d'un condensateur. Elle est reliée avec la différence de potentiel par:

$$Q = C \times V_C \Longrightarrow C = \frac{Q}{V_C} = \frac{\sigma \times S}{\frac{\sigma \times d}{\varepsilon_0}} = \frac{\varepsilon_0 \times S}{d}$$